



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Betonipintojen laadun muodostuminen ja itselle- luovutus

Joni Ylinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen

YLINEN, JONI:

Betonipintojen Laadun Muodostuminen ja itselleluovutus

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Huhtikuu 2018

Opinnäytetyössä käsitellään betonisia, paikallavalettuja ja näkyviin jääviä pintoja sekä betonipintojen laatuvaatimuksia. Lisäksi tutkitaan, millä toimenpiteillä näihin laatuvaatimuksiin päästään. Työssä käydään myös läpi nykyhetken itselleluovutusprosessia ja mietitään, kuinka sitä voitaisiin kehittää.

Idea opinnäytetyön aiheesta tuli työn tilaajalta YIT Infra Oy:ltä, kun työmaalla huomattiin valmiiden betonipintojen laatutarkastuksen yhteydessä, että betonipintojen itselleluovutusprosessia täytyisi parantaa. Tavoitteena olikin tutkia betonipintojen lisäksi myös betonipintojen itselleluovutusprosessin kehittämismahdollisuuksia. Työssä tutkittiin uusia holvien, pilareiden, palkkien ja seinä- ja kattorakennelmien betonipintoja. Työ tehtiin pitkälti kirjallisuuteen perustaen, mutta osa työn havainnoista on peräisin yrityksen työntekijöiden haastatteluista saaduista tiedoista. Tutkimuksessa haastateltiin YIT Infra Oy:n betonityönjohtajia ja vastaavia työnjohtajia. Osa työn sisällöstä on salattu, koska työssä käsitellään Yit Infra Oy:n sisäisiä asioita.

Lopputuloksena on tiivis tietopaketti työmaalle betonipinnoista, niiden olemassa olevista laatuvaatimuksista, pintojen virheistä sekä ideoita paremman itselleluovutuksen tekemiseen. Opinnäytetyö voi antaa työkaluja paremman laatutason saavuttamiseen ja laadun tarkastamiseen esimerkiksi betonityönjohtajille.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

Joni Ylinen:
Forming Of Concrete Surfaces Quality And Self-Inspection

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 1 pages
April 2018

This thesis deals with the quality of concrete surfaces that will remain visible and are made with cast-in-place concrete. Common quality requirements are represented in this work and the methods which can be used to achieve them. This thesis also reviews present self-inspection process and speculates how it could be improved.

The idea for this thesis came from works subscriber, who had noticed need of improvement for concrete surfaces self-inspections. The aim for this thesis was to research not only concrete surfaces but also how self-inspection process be improved. The work focused only fresh concrete surfaces of vaults, sills, studs and walls. The work was done mainly based on literature, but some of the knowledge was collected by interviewing the employees of YIT Infra Oy.

The final result gives knowledge in concrete surfaces for worksites. For example, concrete supervisors could find valuable information from this thesis regarding to concrete surfaces and self-inspection process.

Key words: Concrete surface, self-inspection

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	Laatuvaatimukset.....	8
2.1	Betonipintojen laatuluokitus	8
2.1.1	Luokka AA.....	9
2.1.2	Luokka A.....	9
2.1.3	Luokka B	10
2.1.4	Luokka C	10
2.2	Pintamallit	10
2.3	Laatukriteerit.....	11
3	Suunnittelu.....	13
3.1	Rakennesuunnittelu.....	13
3.2	Betonin valinta.....	13
3.2.1	Itsetiivistävä betoni	16
3.3	Muottien pintamateriaalian valinta	17
3.3.1	Puulevyt	17
3.3.2	Sahatavara	18
3.3.3	Lasikuitu ja muovi	19
3.3.4	Teräsmuotit	19
3.3.5	Muottikankaat	20
3.4	Muottisiteet	21
3.5	Muotinirrotusaine.....	22
3.6	Työ- ja liikuntasaumamat	23
4	Työmaatoiminta.....	24
4.1	Muotti- ja raudoitustyöt	24
4.2	Betonointi.....	25
4.3	Muotin purku	26
4.4	Jälkihoito.....	26
5	Betonipintojen virheet	29
5.1	Värivirheet	29
5.1.1	Verhomainen väriero pystypinnoissa	29
5.1.2	Härme.....	30
5.1.3	Likaantuminen.....	32
5.2	Geometriset virheet.....	32
6	Laadunvarmistus ja jälkityöt	35
6.1	Jälkityöt.....	35
6.2	Paikkaaminen.....	36

6.3 Halkeamien injektointi.....	39
7 Itselleluovutus	42
7.1 Nykyhetki ja ongelmat.....	43
7.2 Kehitysideoita	43
8 Lopputulokset.....	44
LÄHTEET.....	45
LIITTEET	47
Liite 1. Haastattelukysymykset.	47

ERITYISSANASTO

Betonin erottuminen	Betonimassan kiviainesten, hienoaineksen ja veden erottuminen valutyön aikana
Betonin puristuslujuus	Valetusta koekappaleesta, standardilieriöstä, puristamalla määritetty lukuarvo megapascalina.
Ejektori	Virtauksella toimiva imupumppu
Maksimiraekoko	Kiviaineksen suurin sallittua raekoko
Nystermä	Muotissa olevasta kolosta aiheutuva kohouma betonin pinnassa
Plastinen painuma	Betonin halkeilua, joka aiheutuu, kun betonin pinnasta haihtuu runsaasti vettä
Valuhaava	Muotin sauman kohdalla erottuneesta betonista aiheutuva syvennys betonin pinnassa
Valuhuokokset	Valutyön aikana pinnan läheisyyteen kerääntyvistä ilma- ja vesikuplista aiheutuneita koloja betonin pinnassa
Valupurse	Muotin saumasta pursonneesta betonista aiheutuva kohouma betonin pinnassa
YSE	Rakennusalan yleiset sopimusehdot

1 JOHDANTO

Idea opinnäytetyöni aiheeksi tuli YIT Infra Oy:lta, kun huomattiin tarve selkeyttää ja tehostaa betonipintojen itselleluovutusprosessia. Itselleluovuksen tehostamiseksi työssä tutkittiin olemassa olevia itselleluovutuskortteja sekä pohdittiin, miten näitä voitaisiin kehittää. Alkuperäinen tarkoitus oli tutkia ja keskittyä betonipinnan jälkitöihin, mutta tutkimuksen edetessä havaittiin, että kustannuksien hallinnan ja paremman laadun tavoittelun näkökulmista onkin oleellisempaa keskittyä siihen, miten oikeanlaisella suunnittelulla ja työmaatoiminnalla betonipintojen jälkitöiden tarvetta kyetään vähentämään. Tämä opinnäytetyö on tehty työmaalähtöisenä, joten se on oiva työkalu esimerkiksi betonityönjohtajille ja muille betonin parissa työskenteleville.

Korkealuokkaisten betonipintojen saavuttamista työmaaolosuhteissa tehtävissä paikallavaluissa on pidetty haastavana. Kiinnostus kuitenkin paikallavalun käyttöön puhdasvalupintoina on koko ajan kasvamassa. Betonilla on mahdollisuus rakentaa rakenteellisesti toimivia, mutta myös esteettisiä ratkaisuja. Laadukkaat betonipinnat saavutetaan hyvällä suunnittelulla, oikeanlaisilla materiaalivalinoilla ja ammattitaitoisella toteutuksella. Kaikki eväät onnistuneeseen betonipintojen luontiin ovat olemassa, mutta onnistuneen kokonaisuuden luomiseksi vaaditaan suunnittelijoiden ja toteuttajien yhteistyötä.

Itselleluovutus on osa urakoitsijan laadunvarmistusta. Yleiset sopimusehdot velvoittavat urakoitsijaa tarkistamaan itse suoritusvelvollisuuteensa kuuluvien töiden ja koko rakennuksen sekä korjaamaan mahdolliset puutteet ja virheet ennen tilaajalle tapahtuvaa luovutusta. Betonipintojen itselleluovutuksessa huomio kiinnittyy pintojen mahdollisiin laatuvirheisiin sekä työnaikaiseen dokumentointiin. Kun hyvin toteutetussa itselleluovutusprosessissa huomio kiinnittyy kaikkiin pinnan virheisiin, pystyy urakoitsija ne myös korjaamaan, ja saavuttamaan tilaajan vaatiman laatutason.

2 Laatuvaatimukset

Laatu terminä tarkoittaa jonkin prosessin, esineen tai ihmisen ominaisuuksia ja haluttavuutta. Laatu on objektiivista, kun puhutaan toiminnasta ja esineistä, mutta muuttuu subjektiiviseksi, kun erilaiset käyttäjät alkavat arvioida laatua omien kokemustensa ja tarpeidensa kautta. (Sivistyssanakirja.) Betonipinnoissa laatu voidaan määrittää asetettujen normien mukaan, tai se voi olla urakkakohtaisesti tilaajan kanssa sovittua. Asiakas tarkastelee saamaansa tuotetta omien tarpeidensa mukaisesti ja asettaa sille laatutason. (Turunen 2013, 6.)

Rakentamisessa laadun määrittäminen alkaa suunnittelusta. Pääsuunnittelija ja tilaaja määrittävät kohteelle halutun laatutason, jonka mukaan hankkeen toteuttaja valmistaa ja rakentaa asiakkaalleen tämän haluaman tuotteen. Toteuttaja pyrkii asetetun laatutason mukaan toteutukseen tehokkaasti resursseja käyttäen. Laadun saavuttaminen vaatii aina sitoutunutta yhteistyötä koko rakentamisen ketjussa. Sovitun laadun saavuttaminen saa sekä asiakkaan tyytyväiseksi, että myös kaikki suunnittelussa ja toteutuksessa mukana olleet. (Turunen 2013, 6.)

Suomen Betoniyhdistyksen julkaisu BY40 2003 on antanut Suomessa noudatettavat laatuvaatimukset betonirakenteiden pinnoille, joille asetetaan ulkonäköön liittyviä laatuvaatimuksia (Rakennustietosäätiö 2010).

2.1 Betonipintojen laatuluokitus

Betonipinnoille on neljä eri laatuluokkaa (AA, A, B ja C). Valittu laatuluokka vaikuttaa muottiratkaisuihin, sekä käytettävään muottipintamateriaaliin. Vaatimusten kasvaessa lisääntyy myös työmäärä työsuunnittelu- ja toteutusvaiheeseen katselmusten ja tarkistusten lisääntyessä. (BY40 2003, 36.)

Valittu laatuluokka ei välttämättä kohdistu kaikkiin kohteen betonipintoihin, vaan se voi kohdistua tiettyihin laatutekijöihin. Tällaisissa tapauksissa täytyy suunnitelmista löytyä erillinen merkintä. (BY40 2003, 36.)

2.1.1 Luokka AA

Luokka AA on suunnattu käytettäväksi erikoiskohdissa tai erikoispinnoissa. Esimerkki kohteita luokan AA pinnoille on merkittävät julkiset rakennukset. Sen käyttö edellyttää lähes poikkeuksetta uuden ja puhtaan pintamuottimateriaalin käyttöä. (BY40 2003, 36.) Luokan AA-käyttöä suositellaan, kun katseluetäisyys pinnalle on enintään 5 metriä (BY40 2003, 8).

AA luokan pinnoille voidaan erikseen vaatia tiettyä toteutustapaa, muottimateriaalia, pintakuviointia, muottisiteiden sijoittamista yms. Toteutukseen soveltuvia muottikalustoja ovat esimerkiksi, paikan päällä tehdyt lauta- ja levymuotit sekä uudesta pintamuottimateriaalista ja vakiopalkeista koostuvat erikoismuotit. (BY40 2003, 36.)

2.1.2 Luokka A

Luokka A:n vaatimukset vastaavat ns. puhtasvalupintoja. Esimerkki kohteita ovat arkkitehtoniset pinnat, kuten seinät, katot, pilarit ja palkkirakenteet. Jos käytetty muotti aiheuttaa jälkitöitä, kuten paikkauksia ja piikkauksia, niin pintojen esteettinen vaatimus ei täyty. Käytettävän muottipintamateriaalin tulee olla hyvälaatuista ja ehjää. (BY40 2003, 36.)

Luokka A:n muottien käyttö edellyttää etukäteissuunnittelua. Tekotapa ja työsaumojen sijainti tulisi huomioida suunnitteluvaiheessa betonipinnan osana. Valituille muottisuunnitelmille ja muottikalustoille tulisi suorittaa toteuttajan ja suunnittelijan välinen tarkistus ja tehostaa yhteistyötä, jotta saataisiin jo etukäteen tietoon ja hyväksyttyä muotin betonipintaan jättämät muottilevyjen ja –siteiden jäljet. (BY40 2003, 36.)

Toteutukseen soveltuvia muottikalustoja ovat esimerkiksi suurmuotit, suurkasettimuotit ja järjestelmämuotit. Näitä muotteja voidaan halutessa pinnoittaa esimerkiksi ohuella vanerilla tai muottikankailla. Hyödyntämällä muottien harva sidontatarve ja vahvat runkorakenteet, on vähäisellä työmenekillä saavutettavissa korkealaatuista betonipintaa. Kuviomattoja voidaan käyttää, jos betonipinta on voimakkaasti kuvioitua. (BY40 2003, 36-37.)

2.1.3 Luokka B

Luokka B:n betonipinnat ovat yleensä katto- ja seinäpintoja, joiden ulkonäölle ei ole asetettu suuria vaatimuksia tai joille muuten sallitaan A luokkaa pienemmät vaatimukset. Luokka B:n vaatimukset ovat helposti saavutettavissa, kun käytetään hyväkuntoista muottikalustoa. Muottipintamateriaalia voi olla vähän käytettyä ja sitä voidaan uudelleen käyttää muutamia kertoja, kun sitä huolletaan hyvin ja pidetään ehjänä. Parhaiten luokan B toteutukseen soveltuvia muottikalustoja ovat kasettimuotit, suurmuotit, järjestelmämuotit sekä levy- ja lautamuotit. (BY40 2003, 37.)

2.1.4 Luokka C

Luokka C:n betonipinnat ovat yleensä aina kokonaan näkymättömiin jääviä pintoja. Vaatimukset ovat helposti saavutettavissa, kun käytetään normaalia muottikalustoa. Muottipintamateriaalit voivat olla jo useampaankin kertaan käytettyjä. (Pahkala & Vuorinen, 518.)

2.2 Pintamallit

Betonipintojen laatuvaatimuksia asetettaessa ja niistä sovittaessa käytetään oheisten laatuokkien lisäksi usein pintamalleja ja mallielementtejä. Paikallavaletun pinnan pintakatselmus tehdään ensimmäisen valukerran jälkeen ennen varsinaisen valmistuksen aloittamista. Pintakatselmuksessa hyväksytään mallielementit tai mallipinnat sekä tarkistetaan laadunvalvonta, suunnitelmat, valmistustapa ja valmistuskalusto. Pintakatselmuksesta pidetään pöytäkirjaa. Pintamalliksi voidaan myös hyväksyä valmistajan aikaisemmin tekemä pinta, josta tulee olla kirjattuna betonipöytäkirja by 401 mukaiset tiedot. Kaikki mallit tulee olla valmistettu lopullisella, käytettävällä työmenetelmällä ja muottikalustolla. (BY40 2003, 8.)

2.3 Laatuksiteerit

Laatuluokilla määritetään yksiselitteisesti betonipinnan laatuluokka ja sen laatuksiteijöiden vaatimukset. Nystermien, syvennysten, valupurseiden, valuhaavojen, huokosten ja valuvikojen vaatimuksissa arvioidaan virheen koko ja määrä neliötä kohden. Hammastuksissa arvioidaan hammastuksen korkeus. Pinnan aaltoilussa ja käyryydessä arvioidaan suurin mittapoikkeama millimetreinä 1,5 metriä kohden. (BY40 2003, 30-31.) Oheinen kuva (1) kertoo betonipintojen laatuksiteijät ja asettaa niille toleranssit laatuluokille AA – B. Kuva (2) esittää tyypillisimmät betonipintojen laatuksiteijät ja niiden mittausperusteet.

Laatuksiteijät		Vaatimukset		
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B
Nystermä				
suurin korkeus	mm	2	3	6
suurin leveys	mm	3	9	20
suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40
Syvennys				
suurin syvyys	mm	2	4	7
suurin leveys	mm	4	9	15
suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40
Hammastus	mm	1	2	5
Valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla				
suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4
suurin leveys	mm	3	3	6
suurin määrä	% muottisaumojen pituudesta	10	20	30
(koskee myös korjatun sauman pituutta)				
Vaakasuurassa valettujen pintojen huokokset, Ø ≥ 5 mm				
suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	8	10
suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	40	40	80 ³⁾
Pystysuurassa valettujen pintojen huokokset, Ø ≥ 5 mm				
suurin läpimitta ja syvyys	mm	8	10	12
suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	40	60	100 ³⁾
Vaakasuurassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)				
suurin koko	m ²	ei sallita	0,1	0,3 ³⁾
suurin määrä	kpl/100m ²	ei sallita	1	2 ³⁾
Pystysuurassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)				
suurin koko	m ²	ei sallita	0,2	0,3 ³⁾
suurin määrä	kpl/100m ²	ei sallita	3	2 ³⁾
Pinnan käyryys ja aaltoilu				
suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	3	5	8
Väri vaihtelu ²⁾				
harmaat pinnat	valittavat luokat	2 tai 3	2 tai 3	–
valkobetonipinnat	ks. by 40 Betoni-	1 tai 2	2 tai 3	–
muut väribetonipinnat	rakenteiden	2 tai 3	2 tai 3	–
	pinnat 2003			
	(luku 10)			

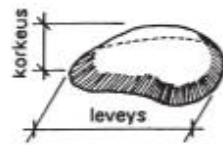
2) Tarvittaessa, vaatimus merkitään V-tunnuksella ja luokan kirjaintunnuksella. Ei käytetä luokan B pinnoissa.

3) Näkymättömiin jääville pinnoille (esim. perustukset ja alaslaskettujen kattojen betonipinnat) sallitaan kaksinkertaiset arvot. Luokan tunnus on silloin C.

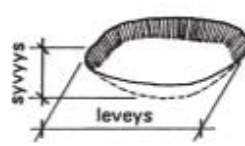
KUVA 1. Pintaluokitusten laatuksiteijät (Pahkala & Vuorinen, 519.)

NYSTERMÄ

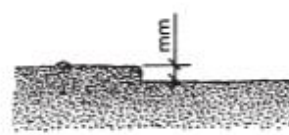
aiheutuu yleensä muotissa olevasta kolosta

**SYVENNYS**

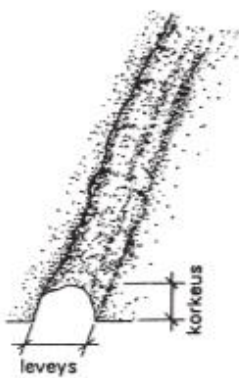
aiheutuu yleensä kohoumasta tai epäpuhtaudesta muotin pinnassa

**HAMMASTUS**

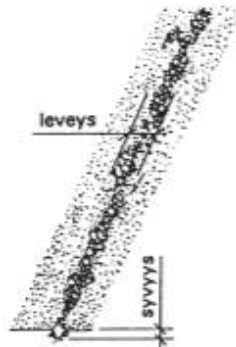
johtuu muottilevyjen tasaoerosta

**VALUPURSE**

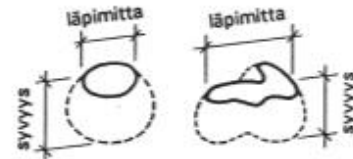
johtuu muotin saumasta pursonneesta betonista

**VALUHAAVA**

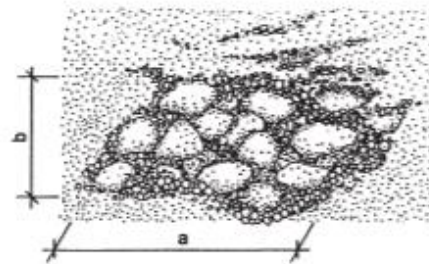
johtuu yleensä muottisauman kohdalla erottuneesta betonista

**HUOKOSET**

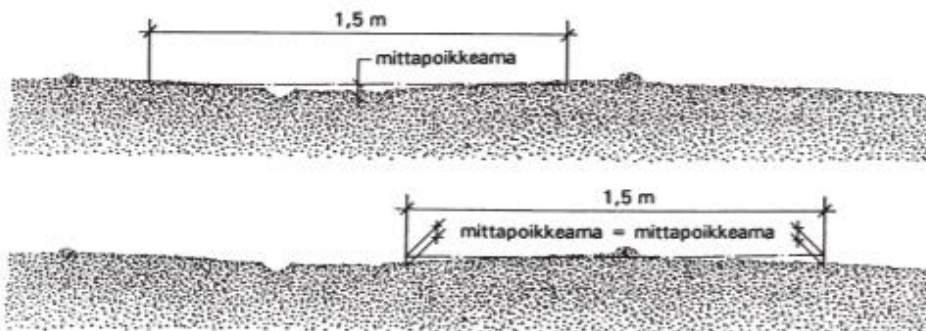
pyöreämuotoiset valuhuokokset syntyvät pinnan läheisyyteen kerääntyvistä ilma ja vesikuplista

**HARVAVALU TAI MUU VALUVIKA**

johtuu yleensä erottumisesta, liian pienestä hienoainesmäärästä tai puutteellisesta tärityksestä

**PINNAN KÄYRYYS JA AALTOILU**

johtuu muotinpinnan tasopoikkeamasta (mittapoikkeamaan ei lasketa nystermiä, syvennyksiä eikä huokosia)



KUVA 2. Betonipintojen laatuvirheet ja mittaperusteet (BY40 2003, 35.)

3 Suunnittelu

Betoni mielletään usein vaikeaksi rakentamisen elementiksi, mutta hyvällä suunnittelulla ja toteutuksella sillä on mahdollista saada aikaan näyttäviä rakennuksia, sekä pintoja. Betonirakenteiden suunnittelu alkaa arkkitehdin suunnitelmista, ja päättyy betonityönjohtajan suunnitelmiin toteutustavasta ja materiaaleista. Suunnittelijoiden ja toteuttajien välinen yhteistyö olisikin betonirakentamisen ketjussa tärkeää.

3.1 Rakennesuunnittelu

Kun rakennus tai rakennelma on arkkitehtonisesti suunniteltu, alkaa rakennesuunnittelija mitoittaa rakennusta kuormitukset kestäväksi. Rakennesuunnittelijan tehtävänä on mitoittaa rakenne mahdollisimman taloudellisesti siten, että se riittävällä varmuudella säilyttää kelpoisuutensa koko suunnitellun käyttöikänsä ajan. Betonirakenteissa rakenteiden suunnittelu sisältää yleensä seuraavat toimenpiteet (Saarinen, 485.):

- runkojärjestelmän valinta
- rakenneluokan ja materiaalien valinta
- rungon päämittojen arviointi
- kuormituksen arviointi
- rakenneosien mitoitus
- pinnan esteettisyys
- hoidettavuus ja huollettavuus
- liitosten suunnittelu
- yksityiskohtien suunnittelu
- jäykistysten suunnittelu
- työjärjestyksen suunnittelu vaativissa paikallavalurakenteissa

3.2 Betonin valinta

Rakennesuunnittelija käy läpi rakenteiden valmistukseen liittyviä vaatimuksia määrittäessään kelpoisuusvaatimuksia betonille. Betonin määrittävät vaatimukset ovat rakenteellisia, säilyvyyteen, työn suoritukseen, sekä paloteknisiin asioihin liittyviä vaatimuksia.

Ympäristöolosuhteet määräävät tyypillisesti ensisijaisesti betonille asetettavat kelpoisuusvaatimukset, mutta valittu toteutustapa ja rakenneratkaisu tulee aina suunnittelijan ottaa huomioon. (Saarinen, 489.) Rakennesuunnittelijan tulee määrittää betonin valintaa varten ainakin rakenteen rasitusluokat ja suunnittelukäyttöään, betonin rakenne- ja lujuusluokan, sekä kiviaineen suurimman maksimiraekoon. Suunnittelija voi lisäksi antaa suunnitelmiin lisätietoina rakenteen pintaluokat, kulutuskestävyys-, tasaisuus tai vedenpitävyysvaatimuksen. (Anttila, 407.)

Kun betonirakenteen käyttöikä, rasitusluokat ja suhteutuksen perustiedot on määritetty, on betonityönjohtajan mietittävä rakenteen työsuorituksen vaikutusta betonivalintaan. Työmaan tulee ottaa huomioon betonivalintaa tehdessä betonointikohde, sopivuus tuotantoon, ulkoiset olosuhteet, muottikalusto, aikataulu, betonointi- ja siirtomenetelmät, valupintojen laatu ja pintojen käsittely, mahdollinen betonin lämpökäsittely sekä rakenteiden kuivuminen. (Valmisbetoni.) Betonityönjohtajan kannattaa tehdä yhteistyötä betonintoimittajan kanssa, jotta oikeat betonivalinnat löytyvät. Huomioon otettavia asioita ovat esimerkiksi betonimassan siirrot, sitoutuminen, tiivistettävyyden, pintojen hierto, plastinen kutistuma/painuma, muottien purkunopeus, punosten jännitysajankohta ja lujuudenkehitystavoitteet. (Anttila, 409.) Betonia tilattaessa betonintoimittajalta, täytyy betonityönjohtajan määrittää betonimassan maksimiraekoko, notkeus ja lisättävät sideaineet, ellei niitä ole jo rakennesuunnittelijan toimesta määritetty. (Haastattelut.)

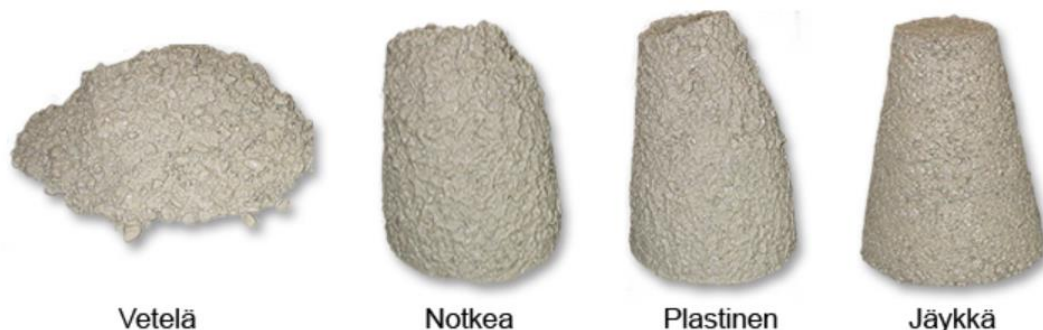
Betonin suhteutuksessa on tavoitteena homogeeninen, hyvin koossapysyvä ja helposti tiivistettävä massa, jonka kuivumiskutistuma on mahdollisimman pieni. Betonimassan maksimiraekooksi tulisi valita mahdollisimman suuri, koska maksimiraekoon pienentyessä betonissa tarvittavan sementtiliiman määrä kasvaa, joka johtaa betonin viruman, kutistuman ja halkeilun lisääntymiseen. Kiviainesosuuden kasvattaminen pienentää betonin vesimäärää ja samalla kutistumaa. (Anttila, 409.) Normaalit maksimiraekoot ovat #32 mm, #16 mm, #12 mm, #10 mm ja #8 mm (Rakentaja.fi). Hankalia maksimiraekokoja betonille ovat #8 mm ja tämä pienemmät raekoot, jolloin betoni sisältää paljon vettä ja sementtiä ja kutistuu paljon. Mahdollisuuksien mukaan, olisikin #8 mm betoni aina hyvä korvata esimerkiksi #12 mm betonilla, jolloin kutistumia tapahtuu vähemmän. (Anttila, 409.)

Betonin notkeus kuvastaa betonimassan kykyä mukautua muotin muotoihin siten, että muotti täyttyy joka paikasta. Betonityönjohtajan kannattaa valita massan notkeudeksi

mahdollisimman jäykkä betonimassa, huomioiden massan siirto- ja tiivistystapa, valetta-
van rakenteen mitat ja muoto, raudoitustiheys, muotin tiiveys ja kestävyys sekä vallitsevat
ympäristöolosuhteet. Mitä notkeampi betonimassa on, sitä isompi on sementtiliiman
määrä, joka johtaa betonin viruman, kutistuman, erottumisriskin ja halkeilun lisääntymi-
seen. (Valmisbetoni.) Betonimassan yleisimmät notkeusluokat ovat (Rakentaja.fi):

- Jäykkä S1, joka on niin jäykkä, että sitä on vaikeaa tiivistää sauvatärytyksellä, Betonipinnan hierto täytyy suorittaa koneellisesti
- Notkea S2, pysyy hyvin koossa. Leviää hitaasti ja vaatii tiivistyäkseen tärytystä
- Vetelä S3, hyvä valettavuus ja tiivistettävyyys. Sopii hyvin pieniin ja tiheästi rau-
doitettuihin rakenteisiin
- Nestemäinen S4, helposti leviävä ja tiivistyvä betonimassa

Notkeus mitataan yleensä betoniasemalla, mutta sitä voidaan mitata myös työmaalla yk-
sinkertaisen painumatestin avulla. Ämpäri täytetään betonilla ja tiivistetään sullomalla
puu- tai terässauvalla. Tämän jälkeen ämpäri käännetään ylösalaisin tasaiselle ja imemät-
tömälle alustalle. Kun ämpäri nostetaan pois, betonikartio laskeutuu jonkin verran. Tätä
korkeuseroa ämpärin pohjan ja laskeutuneen betonikartion välillä kutsutaan betonimas-
san painumaksi. (Finnsementti.)



KUVA 3. Notkeuden määritelmät (Finnsementti.)

Kun tavoitellaan korkealuokkaisia betonipintoja, on suositeltavaa käyttää vain sementtiä
sideaineena, sillä seosaineet, kuten masuunikuona ja lentotuhka voivat aiheuttaa betoni-
pintaan laikkuja. Värierot eivät tasaannu betonin ikääntyessäkään. Jos taas pinnat tasoi-
tetaan ja maalataan, voidaan seosaineitakin huoletta käyttää. Kutistuman vuoksi on kui-
tenkin varottava, ettei betonin hienoainesmäärä kasva liian suureksi. (Korpela & Palo-
lahti, 17.)

Korkealuokkaisten betonipintojen vesi-sementtisuhteen tulisi olla 0,55 – 0,60. Kokonaisvesimäärä tulee olla pienempi kuin 200 kg/m³. Kokonaisvesimäärän tulee olla sama koko valun ajan. Betonimassan kokonaisvesimäärää on syytä rajoittaa mahdollisimman pieneksi useammastakin syystä (Korpela & Palolahti, 17.):

- Plastinen painuma pienenee (pintahalkeilu esimerkiksi raudoitusvälikkeiden sekä varausten kohdalla)
- Kutistuma pienenee
- Tiiviys paranee
- Pienempi vesimäärä saa aikaiseiksi tasaisemman värin.

3.2.1 Itsetiivistyvä betoni

Itsetiivistyvä betoni eli IT-betoni on betonimassaa, joka tiivistyy omalla painovoimallaan, eikä siten tarvitse lisätiivistystä tärytyksen muodossa. IT-betonit ovat todella notkeita, ja siksi ne myös tiivistymisen lisäksi leviävät omalla painovoimallaan. Onnistuneesti suhteutettuna IT-betoni tarjoaa tiiviin, tasavärisen ja huokosettoman betonipinnan vaikeissakin valutilanteissa. Se antaa myös mahdollisuuden nopeaan valuun, mutta betonimassan suuri notkeus ja korkea valunopeus kasvattavat yhdessä muottipaineen suureksi, ja tämä tulee huomioida muotin mitoituksessa IT-betonin käyttöä suunniteltaessa. (Anttila & Vuorinen, 475.)

Massan tiivistämisvaiheen poisjäänti helpottaa ja nopeuttaa vaikeasti tiivistettävien rakenteiden valua. Itsetiivistyvä betoni myös vähentää valussa tarvittavaa työvoimaa ja työmaasta aiheutuvaa melua. IT-betonilla voidaan saada aikaan näyttäviä korkealuokkaisia betonipintoja, sillä IT-betonilla muottia vasten valetuista pinnoista saadaan yleensä tavalista siistimpiä, tasavärisempiä, tiiviimpiä ja huokosettomampia lopputuloksia. (Rudus.)

IT-betonia valmistetaan eri lujuusluokissa, kuten tavallisiakin betoneita. Hyvän tiivistyvyyden aikaansaaminen johtaa kuitenkin yleensä betonikoostumuksiin, joiden lujuus on keskimääräistä korkeampi. Itsetiivistyvän betonin maksimiraekoko on yleensä #12 mm tai #16 mm. IT-betonit eivät kuulu normaalibetonien luokituksen mukaisiin notkeusluokkiin, eikä niiden notkeutta voida perinteisillä menetelmillä mitata. Itsetiivistyvän betonin notkeutta voidaan verrata painumaleviämään ja T50-aikaan. T50-aika on 50 cm leviämään tarvittu aika. Painumaleviämän arvojen suositellaan olevan välillä 650-800 mm tai

T50-ajan välillä 2-10 s. Painumaleviämä määritetään aina ennen valutyön aloittamista. Laborantti tarkistaa leviämisen ensimmäisestä betonikuormasta otetulla betonilla. (Rudus.)

IT-betonia voidaan valaa käyttäen samoja siirtotapoja kuin valaessa normaalilla betonilla. Pumpputukosriskin välttämiseksi on pumppauslinjan vähimmäiskoko 3 tuumaa, ja tarpeettomia supistajia, mutkia ja pystylinjoja tulee välttää. Tiivistystyön poisjäänti mahdollistaa betonoinnin myös joko muotin alareunasta tai kyljestä. Erityisen hyvää pintalaatua tavoiteltaessa on pudotuskorkeus otettava huomioon. Pumppauslinja on painettava mahdollisimman lähelle betonoinnin yläpintaa, koska IT-betonin suuren pudotuskorkeuden on havaittu lisäävän pintahuokosten määrää. (Rudus.)

3.3 Muottien pintamateriaalin valinta

Betonipinnan laatuun vaikuttaa olennaisesti muotin pintamateriaalin valinta. Soveltuvia muottipintavaihtoehtoja tulee tarkastella asetettuja betonipinnan laatuvaatimuksia silmällä pitäen. Haluttaessa erittäin sileitä samettisia pintoja on myös muottimateriaali ja muotin pinnan laatu määriteltävä sekä käytettävä pintamalleja. Muottilevyn käsittelemättömiä saumakohtia on vältettävä, sillä ne näkyvät aina betonin pinnassa. Muotin pintamateriaali vaikuttaa betonipinnan huokosten määrään. Kun muotin imukyky kasvaa, pintakerros tiivistyy ja huokosten määrä pienenee. Esim. teräspintaista muottia vasten valettu betonipinta voi olla sileä, mutta ohuen pintakerroksen alla voi olla runsaasti huokosia. (BY40 2003, 20.)

3.3.1 Puulevyt

Erilaiset puulevyt, näistä käytetyimpänä vanerit, ovat yleisimmin käytetty muottipintamateriaali. Puulevyt useimmiten pinnoitetaan betonipinnan sileyden ja muotin käyttökerrojen lisäämiseksi. Puupohjaisia muottilevyjä voidaan käyttää paikalla kappaletavarasta rakennettavissa muoteissa, sekä myös eri muottijärjestelmissä. Isot järjestelmä muotit usein pinnoitetaan puulevyillä, kun pyritään saavuttamaan korkealuokkaisia betonipintoja. Käyttökertojen lukumäärä riippuu pinnalle asetetuista vaatimuksista sekä käytön huolellisuudesta. Puupohjaisten muottilevyjen pinta on herkkä kolhuille, erilaisille vaurauksille ja kiinnityksille. (BY40 2003, 20.)

Pinnoittamaton ja öljyämätön puu imee betonista niin runsaasti vettä, että se saattaa jopa pysäyttää sementin hydratoitumisenkin betonipinnassa. Tästä on seurauksena pölyävä ja irtoileva pintakerros. Pinnoittamattomalla vanerilla valettaessa on aina käytettävä muotiniirrotusainetta, koska esimerkiksi kuiva koivuvaneri ilman muotiniirrotusainetta saattaa imeä vettä liian paljon, jolloin betonipinta ei kovetu ja jää pölyäväksi. Lisäksi pinnoittamattoman vanerin puhdistus on vaikeaa ja muuttuu mahdottomaksi käyttökertojen lisääntyessä. Lastulevyäkin voidaan käyttää muotin pintamateriaalina. Käsittelemätön lastulevy pienentää huokoisuutensa ansiosta betonipinnan huokosten syntymistä. Lastulevyjen uudelleen käytettävyys ja pinnan sileys ovat kuitenkin normaalia puuvaneria selvästi huommat. Lastulevyä käytettäessä kaikki pinnan epätasaisuudet jäävät osaksi valmista betonipintaa kuva (4). (BY40 2003, 20.)



KUVA 4. Lastulevyn kuvioimaa betonipintaa (Betoni.)

3.3.2 Sahatavara

Sahatavaraa käyttäessä muottimateriaalina, betonin pinta saa ulkonäkönsä puulajin, sekä sahaustekniikan perusteella (Kuva 5). Silein pinta saadaan käsittelemällä sahatavara, esimerkiksi höyläämällä tai hiekkapuhaltamalla. Sahatavaran oksankohdat saattavat aiheuttaa betonipintaan tummempia kohtia, koska ne imevät oksattomia kohtia enemmän vettä. (BY40 2003, 23.)

Ennen valua sahatavara täytyy kastella hyvin. Tämä tiivistää muotin, sekä vähentää betonin tarttumista siihen. Huolellisesta kastelusta huolimatta, betonipinnasta saattaa löytyä tummuusvaihtelua, koska sahatavaran vedenimukyky vaihtelee. Tummuusvaihtelua voidaan vähentää muotiniirrotusaineella. (Korpela & Palolahti, 5.)



KUVA 5. Valmis betonipinta, kun käytetty sahatavaraa pintamateriaalina (Betoni.)

3.3.3 Lasikuitu ja muovi

Lasikuitu ja muovi pintamateriaalina, soveltuvat parhaiten pilarimuotteihin, sekä joihinkin erikoismuotteihin. Niitä käytettäessä täytyy ottaa huomioon, että ne ovat erittäin tiivispintaisia. Matalilla valukerroksilla, sekä huolellisella tiivistyksellä saadaan muotin pintaan kertyvät ilmahuokokset poistettua (BY40 2003, 23.)

3.3.4 Teräsmuotit

Teräsmuoteilla pystytään tekemään suuria, yhtenäisiä sileitä betonipintoja. Ne sopivat parhaiten toistuvien rakenteiden valmistamiseen, niiden huonon muuntelukyvyn takia. Teräsmuotteja pystytään käyttämään useita kertoja oikein huollettuna. Teräsmuotin pinnan tyypillisin virhe on ruoste. Muut vauriot johtuvat tyypillisesti sen käsittelystä, kuten hiontavirheet, painaumat ja kolot. (BY40 2003, 23.)

Teräsmuotti on erittäin tiivispintainen, ja tämä aiheuttaa helposti betoni liika huokostumista. Tämän välttämiseksi suositellaan käytettävän ohuita valukerroksia, sekä huolellista tiivistystä. Ja erityisesti pystysuoraa teräsmuottia päin valettaessa suositellaan käytettäväksi valusukkaa. Teräsmuotti vaatii aina muotiniirrotusaineen. (BY40 2003, 23.)

3.3.5 Muottikankaat

Muottikangas käytetään muotin pinnassa. Kankaan huokosverkoston avulla saadaan huokosettomia, yhtenäisiä, tiiviitä ja sileitä betonipintoja. Betonia vibratessa kangas ohjaa ilmaa ja vettä pois betonin pintakerroksesta. Muottikangas jättää betonipintaan oman kuvionsa (kuva 6.), joten sen pinta ei ole aivan niin sileä kuin sileitä levyjä päin valaessa. Muottikangas on erittäin vaurioherkkä, ja se täytyy pestä jokaisen valukerran jälkeen. Muottikangas menettää ominaisuuksiaan jo ensimmäisessä käyttökerrassaan. (BY40 2003, 23-24.)

Kankaan asentaminen on usein haastavaa ja se täytyy tehdä huolellisesti. Jos kangas ei ole kireä ja hyvin asennettu jättää se betonipintaan ei-toivottuja jälkiä. Muottipultituksien sekä varauksien johdosta joudutaan kankaaseenkin tekemään reikiä, jotka helposti synnyttävät vuotokohtia. (BY40 2003, 23-24.)

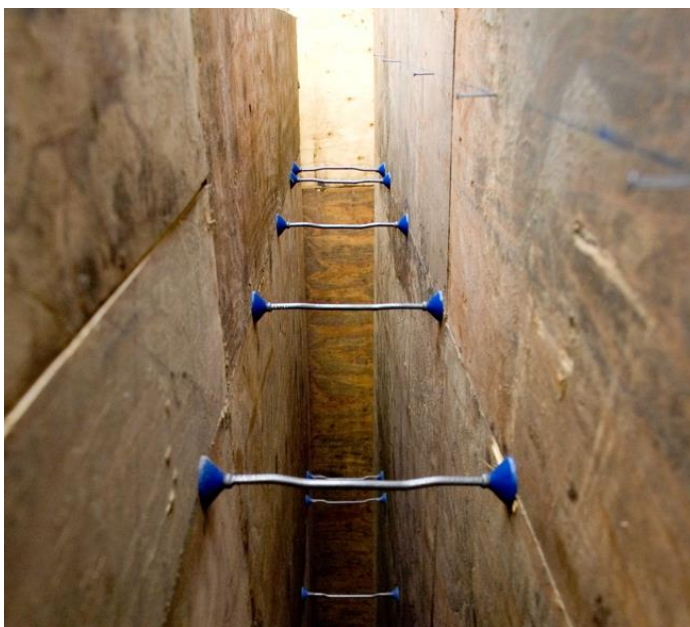


KUVA 6. Muottikankaan kuvioimaa betonipintaa (Betoni.)

3.4 Muottisiteet

Valupaineen takia joudutaan käyttämään muottipinnan ja valettavan rakenteen lävistäviä muottisiteitä (Kuva 7). Muottisiteiden avulla muotit saadaan asennettua haluttuun seinäpaksuuteen. Muottisiteissä voidaan käyttää välikeputkia (valuholkki), jolloin muottiside pysyy välikeputken sisällä, ja se saadaan poistettua muotin purun yhteydessä. Valuun jäävät muottisiteet tulevat olla katkaistavissa vähintään 15 mm:n etäisyydeltä betonipinnasta, jotta ne saadaan suojattua laastilla korroosiolta estetiikan ja ympäristöolosuhteiden niin vaatiessa. Jälkipaikkauskohdat jäävät pääsääntöisesti näkyviin pinnan poikkeavuutena. (Pahkala & Vuorinen, 528.)

Muottiteknisistä syistä muottisiteiden käyttö on lähes aina pakollista, niiden rakenteeseen jättämiä reikiä suositellaan hyödynnettäväksi betonipinnan arkkitehtuurissa. Muottisiteiden betonipintaan jättämää kuviointia voidaan yhdenmukaistaa käyttämällä lisäkartioita. Valmiissa seinässä kartion pohja saadaan samaan tasoon muun seinäpinnan kanssa saumamassan avulla. (Pahkala & Vuorinen, 528.)



KUVA 7. Muottisiteet joiden päähän asennettu kartiot (Kiinnikekolmio.)

3.5 Muotinirrotusaine

Muotinirrotusaineilla estetään betonin tarttuminen muottiin ja se pitää muotin puhtaana. Se estää sekä muottimateriaalin että betonipinnan vaurioitumisen muottia purkaessa. Betonipinnan huokoisuutta voidaan vähentää sopivalla muotinirrotusaineen ja muottimateriaalin yhdistelmällä. Muotinirrotusaine tiivistää muottimateriaaleja ja estää veden imeytymistä betonista muottiin, tämän johdosta betonipinnasta tulee vaaleampi. Muottimateriaalin ja muotinirrotusaineen yhteensopivuutta voidaan tarkistella esikokein, ja näin tulisi toimia aina kun ollaan valmistamassa korkealuokkaisia betonipintoja. (Korpela & Palolahti, 13.)

Muotinirrotusaineet voidaan jakaa toimintatapansa mukaan kahteen pääluokkaan, fyysisesti (hydrofobisen kalvon muodostava) tai kemiallisesti (hydrofobisen kalvon lisäksi irrottavan saippuakerroksen muodostava) toimiviin muotinirrotusaineisiin. Kemiallisesti toimivat ovat näistä aineista tehokkaampia ja vaativat pienemmän ainemäärän. Fyysisesti toimivia aineita ovat lisäaineettomat kasviöljyt, diesel-öljyt, mineraaliöljyt, parafiinivahat ja silikooniöljyt. Monet käytettävät muotinirrotusaineet ovat kasviöljypohjaisia täysöljyjä, kasviöljyjen ja orgaanisten liuottimien seoksia tai emulsioita. Kemiallisesti aktiivisen irrotusaineen rasvahapot reagoivat kemiallisesti betonin kanssa muodostaen saippuaa, joka poistaa ilmaa paremmin kuin öljy betonin pinnalta. (Korpela & Palolahti, 13-14.)

Muotinirrotusainetta levitetään ruiskulla. Suuttimen rakenteesta ja aineen koostumuksesta riippuen suihkun muoto voi olla viuhkamainen tai kartiomainen. Suuttimen on oltava puhdas. Ruiskutuksen sopiva etäisyys vaihtelee ruiskun ominaisuuksista riippuen. Muotinirrotusainetta levitetään ohut kerros, koska liian paksu kerros aiheuttaa rusehtavaksi värjäytyneen, pienihuokoisen betonipinnan ja voi jopa johtaa kiviaineksen irtoamiseen betonipinnasta. Muotinirrotusaineen tulee peittää muottipinta kokonaan. Ylimääräinen öljy voidaan pyyhkiä pois esim. lastalla. Käytettäessä emulsiomaista muotinirrotusainetta ennen valua odotetaan, että vesi haihtuu pois muotin pinnalta noin puolessa tunnissa. Muotinirrotusainetta ei saa ruiskuttaa raudoituksen läpi muottipinnalle, eikä sitä saa ruiskuttaa niin, että muotinirrotusainetta joutuu valmiiseen betonipintaan. Kaikki muottipintamateriaalit eivät tarvitse muotinirrotusainetta, kuten esimerkiksi: kumi, muovi ja kasteltu lauta (Korpela & Palolahti, 14.)

3.6 Työ- ja liikuntasaumat

Työsaumojia syntyy betonirakenteeseen kerralla toteuttavien valuosien välille, sekä pystyettä vaakasuunnassa valun keskeytyessä ja betonin kovettuessa. Työsaumat jäävät aina näkyviin valmiiseen betonipintaan, ja siksi niitä onkin jo suunnitteluvaiheessa käsiteltävä pintaan kuuluvana osana. Suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden mahdollisimman aikainen yhteistyö valuosien koosta ja työsaumojen sijoittelusta olisikin erittäin toivottavaa. Esteettiset vaatimukset tulee sovittaa yhteen tuotantoteknisten tekijöiden kanssa, että saadaan arkkitehtonisesti haluttu lopputulos. Rakennesuunnittelun näkökulmasta tulisi työsaumat aina sijoittaa noin $1/4 \dots 1/3$ matkan verran aukkovälin tuelta. Siinä kohdassa leikkausvoimat ja momenttivoimat ovat yleensä pienimpiä. Suunnitelmattomista saumoista tulisikin aina betonityönjohtajan neuvotella myös rakennesuunnittelijan kanssa. (Mannonen & Petrow 2011, 26-27.)

Saumakohtien epätasaisuutta voidaan peittää työmaalla saumalistoilla tai valuriman käytöllä. Näillä keinoilla ei saada työsaumojia poistettua kokonaan näkyvistä, mutta ne jäävät näkyviin siisteinä, suorina ja tasaisina pintoina. Työsaumat korostavat pinnan jakoa osiin, ja jos pinnan jakoa halutaan arkkitehtonisista syistä pienentää tai saumojen sijoittelua muuttaa, voidaan käyttää valelistoja. Valelista on listalla tehty sauma jonka takana ei ole työsaumaa. (Mannonen & Petrow 2011, 27.) Rakenteen liikuntasaumojen ja ulkonurkkien vaurioitumista voidaan ehkäistä pyöristämällä ne muotin sisänurkkiin asennettavilla kolmiorimoilla. Nämä kolmiorimat parantavat samalla muotin tiiveyttä. Jos nurkkien pyöristyminen ei arkkitehtonisista syistä ole hyväksyttyä, lisätiivistys betonin sementtiliiman ulospursuamiseksi voidaan tehdä esimerkiksi silikonilla. (BY40 2003, 30.)

4 Työmaatoiminta

Työmaatoiminnalla on keskeinen vaikutus betonipintojen laatuun. Betonipintojen muodostuminen työmaalla alkaa muottien pystytyksestä ja päättyy pintojen putsaamisen jälkeen itselleluovutukseen.

4.1 Muotti- ja raudoitustyöt

Muottityössä on kiinnitettävä huomiota pinnan laatuun, muotin kantavuuteen ja käsitteelyyn sekä tiiviyteen. Muotti on tuettava asianmukaisesti, ettei se pääse kaatumaan, eikä muottipaine pääse pullistamaan muottia. (Korpela & Palolahti, 22.)

Rakenteelle annetut vesitiiviysvaatimukset on otettava huomioon muottityössä. Tarvittaessa voidaan käyttää vesitiiviitä muottisiteitä ja suunnitella työsaumojen rakenne ja sijainti. Varausten, asennusten, tartuntojen ja raudoitteiden sijoittaminen ja kiinnittäminen on tehtävä niin, että ne pysyvät paikallaan ja muottipintaa ei vaurioiteta. Lisäksi raudoitteet tulee asentaa niin, että suojaetäisyys on riittävä. (Korpela & Palolahti, 22.)

Muotin tiiveys on oleellinen tekijä hyvän pinnan laadun aikaansaamiseksi. Muotin tiiviyteen vaikuttaa muottijärjestelmien oikea oppinen ja ohjeiden mukainen käyttö, kuten koaminen, huoltotoimenpiteet, muottikaluston kunto ja kulmien ja nurkkien tiivistysratkaisut (Korpela & Palolahti, 22.)

Muita huomioon otettavia asioita (Korpela & Palolahti, 22.)

- työtelineet, kaiteet ja muut työturvallisuuteen vaikuttavat toimet
- väliaikaiset valauknot ja niiden sulkeminen
- suojaukset betonoinnin aikana
- lujuuden kehityksen seurannan mittaukset
- muotin purkamiseen käytettävä menetelmä
- jälkituenta

4.2 Betonointi

Betonoinnin työtavat ja huolellisuus vaikuttavat olennaisesti betonipintojen laatuun. Siksi olisikin hyvä käydä aina aloituspalaveri ennen valujen aloittamista, jossa suunnitellaan ja käydään läpi valun toimenpiteitä, kuten valuun osallistuva miehistö, valu- ja tiivistyskalusto, valuaukkojen sijainnit, pudotuskorkeus, mahdolliset riskit ja muut olennaiset asiat. Valujen valmisteluissa on tärkeää, että otetaan ympäristön olosuhteet huomioon, ja ennustetaan kaikki mahdolliset skenaariot, mitkä voivat vaikuttaa betonipintojen laatuun ja kitketään niiden mahdollisuus tapahtua pois. Pienikin vesivuoto, saattaa hakata vesitippa kerrallaan tuoreen betonipinnan rikki. (YIT Infra Oy, työntekijöiden haastattelut)

Betonin kuljetus työmaalle on järjestettävä niin, ettei kuljetuksissa synny pitkiä katkoja eikä odotusaikoja, vaan auton saapuessa päästään massa heti valamaan. Betonimassan liian pitkä säilyttäminen kuljetusautossa voi aiheuttaa betoniainesten erottumista, mikä näkyy valmiissa betonipinnassa värivirheenä. Liian pitkä aika valukerrosten välillä voi jättää näkyviin jäävän työsauman betonipintaan. Lisäksi täytyy huolehtia, ettei betoni pääse likaantumaan kuljetuksessa, eikä pumppauksessa. (Korpela & Palolahti, 22.)

Valu suoritetaan 300 – 500 mm:n kerroksissa, kerros valetaan koko muotin pituudelta. Mitä tiheämpi raudoitus rakenteessa on ja mitä laadukkaampaan betonipintaan pyritään, sitä ohuempina kerroksina valu tulee suorittaa. Betonin maksimi pudotuskorkeus on 1 m. Tarvittaessa voidaan käyttää valusukkaa tai -suppiloa. Liian pitkä pudotusmatka lisää betonimassan erottumista ja 8pudotuksessa ylempiin raudoituksiin jääneet betoniroiskeet voivat päästä kovettumaan. (Korpela & Palolahti, 22.)

Valupinnat tiivistetään sauvatäryttimellä. Sauvan halkaisijan tulisi olla vähintään 50 mm, kun raudoitus sen sallii. Tärytyskohtien etäisyydet toisistaan riippuvat täryttimen vaikutussäteestä. Etäisyys ei saa kuitenkaan olla yli 40 cm. Vaikutusalueiden on mentävä päällekkäin. Sauvan annetaan upota omalla painollaan valetun kerroksen läpi edelliseen, jo tiivistettyyn valukerrokseen noin 20 – 30 cm:n matkalta. Sauva nostetaan tasaisesti ylösn. 4 cm/s nopeudella. Yhden sauvapiston tärytysaika on noin 15 – 20 s. Tärytyksessä täytyy olla huolellinen, ettei sauvatärytin pääse osumaan raudoitukseen tai muottiin. Täryttimen oikea etäisyys muotin reunasta on noin 10 – 15 cm. Tärytys liian lähellä muottipintaa aiheuttaa värieroja betonipintaan. (Korpela & Palolahti, 23.)

4.3 Muotin purku

Betonipinta annetaan kovettua riittävän pitkään ennen kuin aletaan purkamaan muottia. Pinnan laadun kannalta purkulujuudeksi riittäisi 5 – 6 MPa, joten rajoittavaksi tekijäksi nousee purkulujuus, joka on 60 % nimellislujuudesta. Betonityönjohtaja päättää purkuajankohdasta lujuuden kehittymisen mukaan. Muotin purkamisen yhteydessä saattaa betonin pintaan muodostua kalkkisaostumaa, mikäli pinnan lujuus ja tiiviys eivät ole riittävästi kehittynyt ja näin ollen pääsee vesi kulkeutumaan betonin pintaan. Jos taas muottia pidetään riittävän pitkään paikoillaan, betonin kosteuspitoisuus tasaantuu ja kalkkisaostumien muodostuminen vähenee. (Korpela & Palolahti, 24.)

Muotit puretaan niin, ettei se aiheuta betonipintaan vaurioita. Vaurioitumisen voi aiheuttaa esimerkiksi työkalujen huolimaton käyttö tai muottipinnan ja betonipinnan väliin syntynyt alipaine, joka tartuttaa betonin muottiin. Huonosti laitettu tai käyttämättä jätetty muotiniirrotusaine lisää betonin tarttumista muottiin ja lisää vaurioitumisen riskiä. (Korpela & Palolahti, 24.)

Kun käytetään kuumabetonia tai sisäistä lämmitystä, on rakenteen lämpötilan annettava tasaantua lähelle ympäristön lämpötilaa ennen kuin aletaan purkamaan muottia. Jos purku täytyy suorittaa ennen lämpötilaerojen tasaantumista, raotetaan muotteja varovasti koko valetulta alueelta 2 – 3 tuntia ennen varsinaista purkua. (Korpela & Palolahti, 24.)

4.4 Jälkihoito

Riittävän pitkä jälkihoito on erittäin oleellinen tekijä betonipintojen ja -rakenteen onnistumisen kannalta. Jälkihoito tulee tarvittaessa aloittaa jo betonin ollessa vielä notkeassa, muovailtavassa tilassa ja sitä tulee jatkaa betonin kovettumisen alkuvaiheesta noin kahden viikon ajan. On erittäin tärkeää estää betonia kutistumasta ja kuivamasta liian aikaisin, eli betonipinta täytyy pitää kosteana, jotta pintaan ei pääsisi muodostumaan kerrosta, jonka ominaisuudet kuten kosteuspitoisuus ja lämpötila poikkeavat merkittävästi syvällä rakenteessa olevasta betonista. Jälkihoito vähentää huokosten määrää, parantaa betonin

kemiallista kestävyyttä ja estää halkeilua. Jos jälkihoito laiminlyödään, tulee pinnasta heikko ja runsaasti pölyävä. (Komonen, 432.)

Betonin jälkihoito voidaan jakaa varhaisjälkihoitoon ja varsinaiseen jälkihoitoon. Varhaisjälkihoito keskittyy betonoinnin yhteydessä tapahtuvaan jälkihoitoon (Kuva 8). Ennen betonin sitoutumista käytettäviä hoitomenetelmiä ovat betonin pinnalle sumutettavat nestemäiset jälkihoitoaineet ja ilmatilan sumutuskosteutus. Suoraa vettä tai suoja ei voida tässä vaiheessa vielä käyttää pinnan vaurioitumisen vuoksi. Varhaisjälkihoitoa jatketaan, kunnes betonipinta on riittävästi kovettunut ja se kestää hierron ja muut viimeistelytoimenpiteet. Jälkihoitoaineiden käyttöä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, onko aine itsestään häviävää vai joudutaanko se poistaa mekaanisesti. Pintaan jäävä hoitoaine voi vaikuttaa heikentävästi maalien, pinnoitteiden ja päällysteiden tartuntaan. (Komonen, 432.)

Varsinainen jälkihoito tarkoittaa sitä, että estetään kosteuden haihtuminen kovettuneen betonin pinnasta, kunnes betonipinta kestää kosteuden haihtumisesta aiheutuvan kutistumisrasituksen. Varsinainen jälkihoito aloitetaan viimeistään puoli tuntia betonipinnan hierron jälkeen, ja vaikeissa olosuhteissa jopa hierron aikana. Varsinainen jälkihoitoaine sumutetaan pintaan viimeisen hierron jälkeen. Tämän jälkeen betonipinta suojataan levittämällä muovikalvo tai kostea suodatinkangas rakenteen pinnalle vielä saman päivän aikana. Usein suojaus seuraavan päivän aikana on jo liian myöhäistä ja pinta on jo päässyt vaurioitumaan. (Komonen, 434.)

Tiiviit muotit jälkihoitavat itse itseänsä tehokkaasti. Vaikeissa olosuhteissa ja nopeassa muottikierrossa myös seinämäisiä rakenneosia täytyy muotinpurun jälkeen jälkihoitaa pintaan suihkutettavalla jälkihoitoaineella. Kapeita rakenne osia, kuten palkit ja pilarit, voidaan jälkihoitaa kietomalla muovikelmua niiden ympärille. (Komonen, 435.)



KUVA 8. Jälkihoitoaineen levitystä lehtipuhaltimen avulla betonoinnin aikana. (Muottikolmio 2014.)

5 Betonipintojen virheet

Hyvän ja virheettömän betonipinnan saavuttamiseen täytyy panostaa sekä materiaaleihin että itse työsuoritukseen. Betonipintojen korjaaminen jälkikäteen suunnitellun ulkonäön saavuttamiseksi on yleensä lähes mahdotonta ainakin korkealuokkaisilla pinnoilla. Parempaan laatuun vaadittavat materiaalit ja lisätyö ovat kustannukseltaan useimmiten vähäisiä verrattuna korjauskustannuksiin. Betonipintojen virheet voidaan jakaa kahteen luokkaan, värivirheet ja geometriset virheet. (Mannonen & Petrow 2011, 29.)

5.1 Värivirheet

Värivirheitä ovat värierot, alkalihärme, kalkkihärme, ruostetahrat ja likaantuminen. Värivirheet ovat esteettisessä mielessä betonipintojen häiritsevimpiä virheitä ja myös toteutuksen kannalta vaikeimmin halittavissa olevia. Värieroja ja kirjavuutta voidaan pienentää seuraavilla toimenpiteillä (Korpela & Palolahti, 26.):

- Valitsemalla vedenimukyvyltään mahdollisimman tasainen muottimateriaali
- Käyttämällä osa-aineiden seossuhteiltaan vakioitua, hyvin sekoitettua betonimassaa
- Tiivistämällä betoni yhteneväisesti eri valuosissa
- Pitämällä kosteuspitoisuus ja lämpötila mahdollisimman vakiona (esim. suojamalla valupinnat)

5.1.1 Verhomainen värierö pystypinnoissa

Betonin jälkitärytys eli uudelleen tiivistäminen aiheuttaa eri valukerrosten väliin verho-
maisena vyöhykkeinä esiintyvää väri vaihtelua. Ilmiötä esiintyy erityisesti käytettäessä tiiviitä muottipintoja. Verhomainen värierö pystypintoihin syntyy muottipinnan ja betonimassan väliin muodostuvasta erittäin ohuesta vesikerroksesta, tärytyksen aiheuttamasta veden liikkeestä betonipinnassa ja valukerrosten eri-ikäisyydestä. (Korpela & Palolahti, 27.)

Värieröjen välttämiseksi on hyvä, kun betonointi pystytään toteuttamaan tauotta. Näin ollen alempi valukerros ei ole vielä ehtinyt oleellisesti jäykistyä ja jälkitärytys pystytään suorittamaan ilman syntyviä värieröjä. (Mannonen & Petrow 2011, 29.)

5.1.2 Härme

Aikalihärme on vesiliukoista betonissa esiintyvää aikalisuolaa, joka joissain olosuhteissa suotautuu valkoiseksi kerrokseksi betonin pintaan sen kuivuessa. Aikalihärme on helposti poistettavissa vesiliukoisuutensa ansiosta esimerkiksi painepesulla. (Korpela & Palolahti, 27.)

Aikalihärmeen esiintymistä voidaan oleellisesti vähentää valmistamalla betoni mahdollisimman alhaisella vesimäärällä ja toimenpiteillä jotka estävät betonin kuivumisen kovettumisen vairhaisvaiheessa, esimerkiksi jälkihoitoaineet ja tiivis muottikalvo. Huokoinen muottipinta lisää härmeen muodostumista, samoin kuin kylmä ja tuulinen sää. Aikalihärmeen muodostuminen loppuu, kun betoni on ikääntyessään tiivistynyt tarpeeksi. (Korpela & Palolahti, 27.)

Kalkkilihärme on kalsiumkarbonaattia, jota muodostuu ilman sisältämän hiilidioksidin reagoiessa betonin kalsiumhydroksidin kanssa. Kalkkiharrettä syntyy, kun muotinpurun jälkeen huokoinen ja heikkolujuuksinen betonipinta joutuu alttiiksi ulkopuoliselle kosteudelle. Vesi vapauttaa huokoisesta betonista kalsiumhydroksia, joka reagoi välittömästi hiilidioksidin kanssa muodostan kalkkiharrettä. Kyseinen ilmiö tapahtuu todennäköisimmin silloin, kun muottipinta on imukykyinen, betonin lujuudenkehitys hidas sekä kun ilma on kostea ja kylmää. (Korpela & Palolahti, 27.)

Kalkkiharrettä esiintyy pieninä määrinä kaikilla betonipinnoilla, mutta ongelmaksi se muodostuu suurina määrinä tai väribetonipinnoissa (kuva 9). Kalkkiharreen syntymistä voidaan kuitenkin rajoittaa seuraavilla toimenpiteillä (Korpela & Palolahti, 27.):

- Betonipinnan suojaus välittömästi purun jälkeen muovikalvolla
- Imevän muottipinnan kastelu kyllästyspisteeseen tai vahaus vettä imemättömäksi
- Betonin tiiveyden parantaminen alhaisella vesi-sementtisuhteella

- Kylmissä olosuhteissa varmistetaan betonipinnan nopea lujuudenkehitys valitsemalla nopeasti kovettuva betonilaatu, lämpösuojaamalla valu sekä järjestämällä kohteelle riittävä lämmitys

Toisin kuin aikalihärme, kalkkihärme ei lähde pois pelkällä vesipesulla. Parhaaksi poistomenetelmäksi on osoittautunut painepesu veden ja hiekan seoksella. Pesu voidaan tehdä aikaisintaan muutaman viikon kuluttua valusta, jolloin betoni on ehtinyt tiivistyä riittävästi pinnaltaan niin, ettei uutta härmekerrosta pääse enää muodostumaan pesun jälkeen. Kalkkihärmeet voidaan myös kohteesta riippuen poistaa käyttäen erilaisia pesuaineita tai suolahappoliuosta. Jos käytetään pesuaineita, tulee valmistajan ohjeita noudattaa tarkasti, koska aineet sisältävät yleensä suolahappoa. Betonipinta pestään huolellisesti ennen ja jälkeen pesuaineen tai suolahappoliuoksen käyttöä. Joissain kohteissa aika poistaa myös itsessään kalkkihärmettä, mutta se on yleensä hidasta. (Korpela & Palolahti, 27.)



KUVA 9. Aviapoliksen aseman väribetonipalkkiin muodostunutta härmettä. (YIT 2015.)

5.1.3 Likaantuminen

Jos muottipintoja ei puhdisteta kunnolla, niin betonipinta pääsee likaantumaan. Muottiin jääneet roskat, lehdet, roiskeet ja lika näkyvät aina valmiissa betonipinnassa. Myös raudoitteista saattaa irrota ruostetta muotin pintaan, joka tekee betonipinnasta ruosteisen. Liikaa, jota on betonipinnan sisällä vaikea poistaa rikkomatta rakennetta ja betonipintaa. (Korpela & Palolahti, 28.)

5.2 Geometriset virheet

Huokokset aiheutuvat betonipintaan sekoituksen yhteydessä jäävästä ilmasta, joka ei tiivistyksen aikana ole poistunut yläpinnan kautta. Huokosten kokoon ja määrään vaikuttavat betonin tiivistys, betonimassan notkeus, muottipintamateriaali sekä valukerrostien pakkaus. Betonin vibraaminen eli tiivistys on tärkein huokosten määrää ja kokoa pienentävä toimenpide. Pystyrakenteet kuten pilarit ja seinät ovat tiivistyksen osalta vaativimpia. Tietty huokoisuus mielletään arkkitehtuurissa betonipinnan ominaisuudeksi, joka tavallaan elävöittää pintaa. Täysin huokosettomia pintoja voidaan saavuttaa vain käyttämällä muottikankaita, mutta tällöin pinta ei ole enää sileä ja siihen jää muottikankaan jättämää kuviota. (Mannonen & Petrow 2011, 30.)

Pinnan käyryys ja aaltoilu voivat johtua muotin mitoitusvirheestä, kun muotin rakenne ja kestävyys on alimitoitettu. Myös liian suuri valunopeus saattaa synnyttää muotille liian isoja kuormia ja aiheuttaa näin muodonmuutoksia muottiin, mikä näkyy betonipinnassa pinnan käyryytenä ja aaltoiluna. (Mannonen & Petrow 2011, 31.)

Harvavalua (kuva 10) esiintyy erityisesti muottien sauma- ja nurkkakohdissa. Harvavalun syy on yleensä betonin erottumisesta aiheutuva kivipesä. Myös liian iso massan pudotuskorkeus ja betonimassan huono tiivistys voivat aiheuttaa harvavalua. Harvavalua voidaan siis ehkäistä käyttämällä erottumatonta ja tasalaatuista betonia, tiivistämällä betoni huolellisesti ja rajoittamalla pudotuskorkeus enintään metriin. (Mannonen & Petrow 2011, 31.)



KUVA 10. TYKS:n työmaalla tapahtunut harvavalu. (Mölsä 2016.)

Pinnan hammastukset ovat seurausta muottilevyjen tasoeroista. **Nystermät** johtuva muotissa olevista koloista ja betonipinnan **syvennykset** taas johtuvat muotissa olevista epäpuhtauksista muotin pinnassa. (Mannonen & Petrow 2011, 31.)

Pinnan irtoiluun on monia syitä. Muottien purkaminen ennen kuin betoni on saavuttanut riittävän lujuuden. Karkea muottipinta tai liian vähäinen muottiöljyn määrä saattavat myös aiheuttaa pinnan irtoamista. Talvella betonin pinta voi päästä jäätymään ennen jäätymislajuuden kehittymistä. (Mannonen & Petrow 2011, 31.)

Halkeilu on ominaista teräsbetonirakenteille. Rakenne halkeaa, mikäli rasitus rakenteen sisäpuolella tulee suuremmaksi kuin rakenteen vastustuskyky on. Rakenteen halkeilu on tyypillistä tuoreessa betonissa. Halkeilua kuitenkin pystytään rajoittamaan eri keinoin. Raudoituksen avulla voidaan rajoittaa halkeamien leveyttä. Oikealla betonin koostumuksella, huolellisella tiivistämisellä, kovettumisten aikaisten lämpötilojen säätelyllä, jälkihoidolla sekä valituilla rakenneratkaisulla auttavat ehkäisemään halkeamien syntyä. Käytön aikaista halkeilua pystytään vähentämään liikuntasaumoilla, muotoilulla ja jännityksellä. Halkeamia kannattaa pyrkiä ohjaamaan liikuntasaumoihin ja paikkoihin missä niistä ei ole esteettistä haittaa. (Mannonen & Petrow 2011, 31.)

Taulukossa (1) on esitetty geometrinen virheiden kuvaus, syntymisen syyt ja esimerkkejä korjaustoimenpiteistä.

Kuvaus	Syyt	Korjaavat toimenpiteet
Muottipinnan tasopoikkeamat Pinnan aaltoilu, käyräys ja hammastus	Valupaineelle alimitoitettu muotti Huolimattomasti kohdistetut muotin reunat	Ammattitaitoinen muottisuunnittelu ja -työ; virheitä lähes mahdoton korjata jälkikäteen
Harvavalu ja muu valuvika Suurehkoja, muodoltaan epäsäännöllisiä tiivistymättömän ja erottuneen betonin kohtia	Betonin erottumisesta aiheutuvat kivipesät Liian suuri massan pudotuskorkeus Riittämätön tiivistys Ahdas muotti ja/tai tiheä rauditus Erilaiset varaukset ja kiinnitykset	Homogeenisen, erottumattoman betonin käyttö; betonin notkistaminen Pudotuskorkeuden rajoittaminen korkeintaan 1 metriin Tiivistyskaluston tilavaatimusten huomio- notto rauditus suunnittelussa
Pinnan valuhuokokset Muottipintaan sulkeutuneen ilman tai vesikuplien aiheuttamia huokosia Normaalisti pyöreitä tai ovaaleja, mutta myös epäsäännöllisen muotoisia huonosti tiivistetyssä ja hienoainesköyhässä betonissa	Betonimassa Hienoaineksen eli sementin ja runkoaineksen < 0,25 mm puute Riittämätön työstettävyyden käyttävään tiivistysmenetelmään nähden Muotti Vettä imevään muottipintaan ja riittämätön tiivistys Sopimaton muottipintamateriaalin ja muotiniirrotusaineen yhdistelmä matalissa vaakarakenteissa Betonointi Liian paksut valukerrokset tiivistystehoon nähden Liian lyhyt tärytysaika ja liian suuret sauvan pistojen välit	Hienoaineksen < 0,25 mm (sementti mukaanluettuna) kasvattaminen 400 kg/m ³ :iin Betonin notkistaminen Betonin notkistaminen Ohuet valukerrokset Tärytysajan kasvattaminen Muotiniirrotusaineen vaihto Valukerrokset korkeintaan 300 mm Tärytysajan kasvattaminen ja sauvan pistojen pienentäminen vähintään 400 mm:iin etenkin pystyrakenteiden yläosassa
Valuhaava ja paljastunut kiviaines muottisaumoissa Esiintyy usein pinnan tummuneissa (väriero) kohdissa	Veden ja hienoaineksen tunkeutuminen muottisaumoista	Muottisaumojen tiivistäminen Homogeenisen, erottumattoman betonin käyttö
Vedestä aiheutunut valuhaava Matomaisia valuhaavoja pinnassa	Erottunut betoni Hienoaineksen puute Erottumisherkän betonin liika tiivistys Betonointi kylmällä säällä Vettä muotissa ja muottipinnoilla	Homogeenisen, erottumattoman betonin käyttö
Betonipinnan irtoaminen ja hilseily	Betoni tarttuu muottipintaan; syynä on - alhainen muotinpurkulujuus - karkea muottipinta - muotiniirrotusaineen vähäisyys tai puuttuminen - lautojen tai pinnoittamattoman vanerin riittämätön kastelu - kellastunut koivuvanerit	Riittävä muotinpurkulujuus 5...6 MPa tai 60 % nimellislujudesta. Muotiniirrotusaineen käyttö koko muottipinnalla (ohuena kerroksena) Muottipinnan kastelu tarvittaessa Kellastumattoman koivuvanerin käyttö Betonin suojaaminen jäätymiseltä
Muottipinnan tarttuminen betoniin	Suuri tartuntalujuus betonin ja muottimateriaalin välillä, jolloin muottipinta lohkeaa	Muottipintamateriaalin vaihto Muotiniirrotusaineen käyttö koko muottipinnalla (ohuena kerroksena)
Reuna- ja kulmavauriot	Valupurseiden aiheuttamat muotin kiinnittymiset Iskut ja kolhaisut Betonin lohkeaminen jäätyksen takia Lohkeamat raudituskorroosion takia	Muottisaumojen tiivistäminen Nurkkien ja kulmien viistäminen Oikeat suojabetonikerrokset
Valupurse	Muottipinnassa ja -saumoissa olevat raot	Muottisaumojen ja -pinnan tiivistäminen

TAULUKKO 1. Geometristen virheiden kuvaus, syyt ja korjaavat toimenpiteet. (Korpela & Palolahti, 30.)

6 Laadunvarmistus ja jälkityöt

Laadunvarmistus sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että rakennus tai rakennelma täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistukseen liittyy myös laaduntarkastus eli laadun mittaamista ja vertaamista asetettuihin ja sovittuihin vaatimuksiin. (Junnonen, 445.) Betonipintojen laatuvaatimukset on esitetty kuvassa (1). Tässä luvussa käsitellään toimenpiteitä, joita voidaan tehdä, jos näitä laatuvaatimuksia ei saavuteta.

6.1 Jälkityöt

Vaikka betonityöt kuinka suunniteltaisiin, niin syntyy aina jälkitöille tarvetta. Jälkityöt tarkoittavat työvaihetta, joka tehdään ennen kuin betonipintaa voidaan pintakäsitellä (maalata, pinnoittaa jne.) tai ennen kuin se on luovutettavassa kunnossa, jos betonipinta jätetään sellaisekseen.

Kevyitä yleisiä jälkitöitä ovat betoniroiskeiden poisto (esim. petkeleellä), muottista jäävien naulojen katkaisu ja paikkaus, muottisiteiden jättämien reikien paikkaus ja betoniliiman poisto. Jälkitöitä mietittäessä on huomioitava, että korjaamaton, laatuvaatimukset alittava pinta voi joskus olla paremman näköinen kuin korjattu vaatimukset täyttävä pinta.

Jos pinnan tasaisuus ei täytä sille annettuja laatuvaatimuksia joudutaan pintaa korjaamaan erillisillä työvaiheilla, joista esimerkkejä ovat:

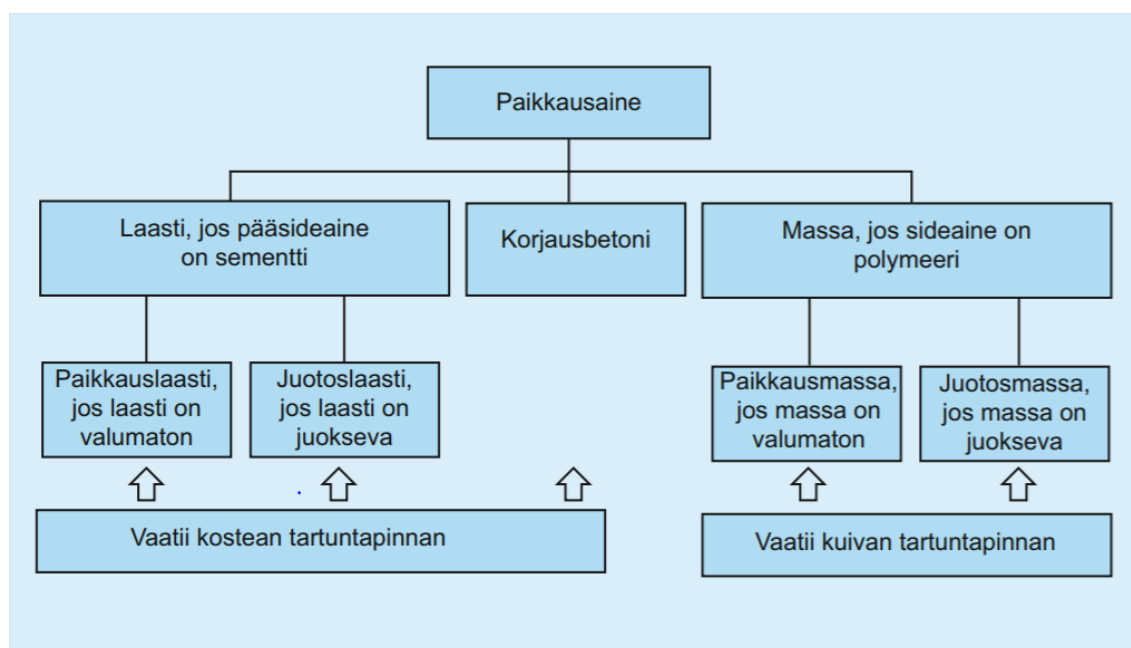
Ylihionta eli hiotaan merkityt betonipinnat tai koko alueen betonipinnat kauttaaltaan esimerkiksi kulmahiomakoneella, joka on varustettu työhön sopivalla hiomalaikalla. (Ratu 0408 2012, 5.)

Etuoikaisu eli oikaistaan pinnat käyttämällä laasteja ja muita tasoitteita. Etuoikaisuissa oikaista pinta puhdistetaan kaikista tartuntaa heikentävistä aineista. Oikaistavat pinnat tulisi esikastella huolellisesti noin parin päivän ajan ennen etuoikaisua. Oikaisulaasti levi-

tetään kostutettuun ja tartuntakäsiteltyyn pintaan noudattaen valmistajan ohjeita kerrospaksuuksista. Laasti tasoitetaan pitkällä hiertimellä tai linjalaudalla. Tasoitusta jatketaan, kunnes vaaditut tasaisuusvaatimukset saavutetaan. (Ratu 0408 2012, 6-7.)

6.2 Paikkaaminen

Betonin paikkaamisen tärkein periaate on, että käytettävä laasti vastaa mahdollisimman hyvin ominaisuuksiltaan korjattavaa betonia. Jos laasti valmistetaan kiviaineksen, veden ja sementin seoksena, niin ongelmaksi usein muodostuu paikan liiallinen kutistuminen, jonka seurauksena paikka irtoaa tai siihen tulee halkeamia. Polymeerit ovat hyvä vaihtoehto perinteisille laasteille, koska niillä pystytään vähentämään kutistumista, parantamaan tiiviyyttä, kiihdyttämään kovettumista, parantamaan työnettävyyttä ja paikan tartuntaa alustaan. Polymeeriä voidaan käyttää paikkausaineessa joko varsinaisena sideaineena, sekä sitä voidaan käyttää lisäaineena haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Kuva (11) selventää paikkausaineiden lajittelua. (Liikennevirasto 2010, 10-11(.))



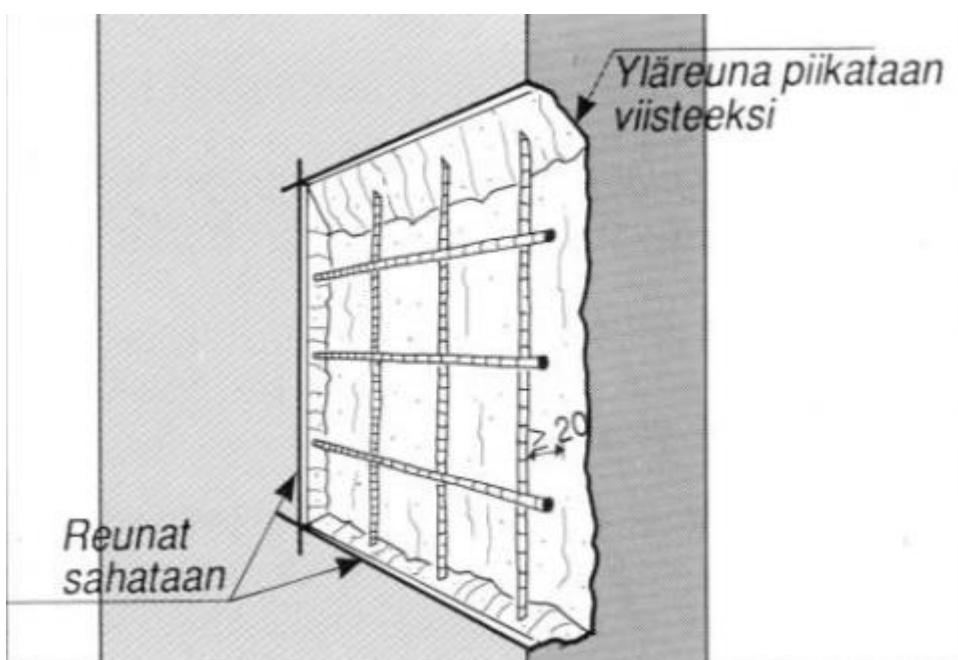
KUVA 11. (Liikennevirasto 2010, 10.)

Ennen paikkaustyötä tulee selvittää säilyvätkö rakenteen kantavuudet pelkällä paikkauksella. Paikkausaineen raekoko ja kerralla levitettävän kerroksen paksuus riippuvat toisistaan siten, että kerroksen paksuuden pitää olla vähintään kolme kertaa suurempi kuin rae-

koko. Paikkausaineen osa-aineet on sekoitettava noudattaen valmistajan ohjeita. Onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi on tartuntapinnan- ja kuivuusvaatimuksia noudatettava. Paikkauksen jälkihoito toteutetaan tuotekohtaisen ohjeiden mukaan. (Liikennevirasto 2010, 25.)

Paikkaukset voidaan suorittaa perinteisten käsityövälineiden lisäksi myös valamalla sekä ejektorilla. Käsityövälineillä voidaan levittää valumattomia paikkausaineita. Ensin täytetään paikan reunat. Paikka tehdään hieman liian korkeaksi ja kun laasti on hieman vetäytynyt, leikataan ylimääräinen laasti pois lastalla. Pinta viimeistellään kostealla harjalla tai sienellä. Paikkaus valamalla suoritetaan valamalla juotoslaastit tai massat joko reunoilta rajattuun paikkauskohtaan tai pystypinnoissa muotteihin. Paikkaisvaluissa täytyy ottaa huomioon kaikki samat asiat kuin normaaleissa valuissa, sekä paikan tartunta alustaan. (Liikennevirasto 2010, 25.)

Harvavalusta syntyneiden rotankolojen (kuva 10) korjaamiseen ei yleensä pelkkä laastilla tai korjausmassalla paikkaaminen riitä, vaan vaaditaan korjausbetonin käyttämistä. Paikkaaminen betonilla vaatii, että korjattava kohta piikataan auki uutta betonia varten. Ennen piikkaustyön aloittamista raudoitustankojen paikat määritetään sähkömagneettisella betonipeitemittarilla, koska piikkaustyössä tulee välttää raudoituksen tarpeetonta vaurioitumista. Paikattava alue rajataan suoraviivaisesti yläreuna viistäen timanttisahalla tai kulmahiomakoneella (kuva 12). (Liikennevirasto 2005, 5.)



KUVA 12. Mallikuva piikkauksen suorittamiseen. (Liikennevirasto 2005, 5.)

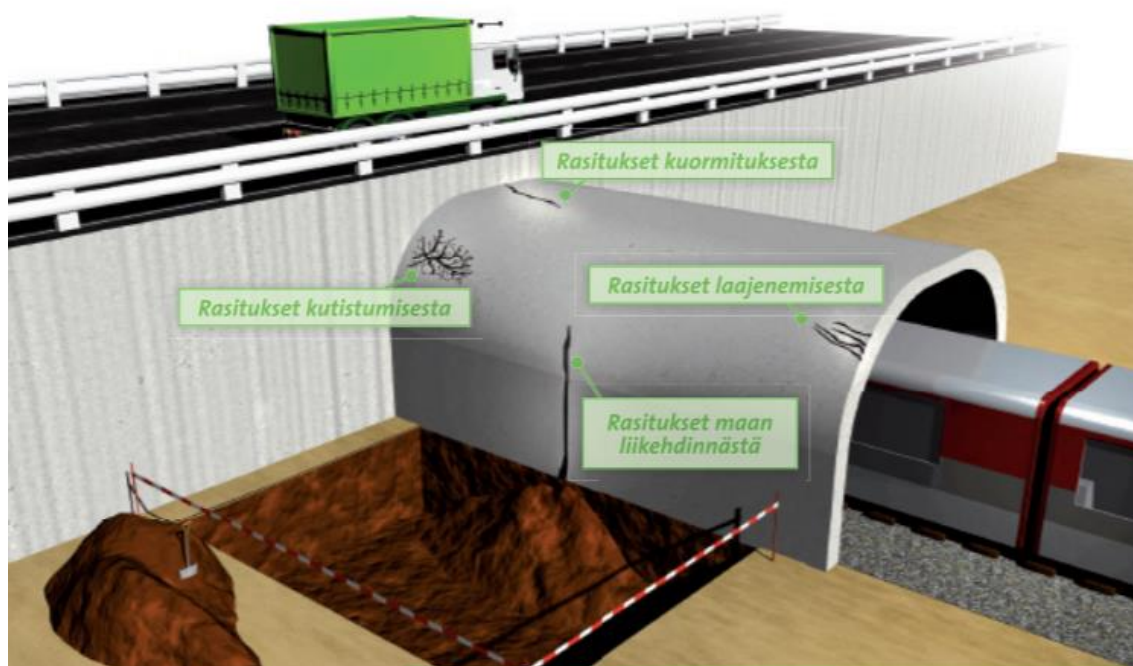
Piikkaus suoritetaan piikkausvasaralla tai vesipiikkauslaitteella. Vesipiikkauksella saadaan aikaan parempi tartuntapinta uudelle betonimassalle. Piikkausvasaraa käyttäessä tulee piikkauksen viimeistely suorittaa kevyemmällä kalustolla, että vältettäisiin tartuntapinnan mikrohalkeilua. Piikkaus ulotetaan raudoitustangon halkaisijan verran tai vähintään 20 mm raudoituksen taakse. Jos korjattava pinta vaatii syvempää piikkausta, vaatii sen suorittaminen laskemiin perusteltua suunnittelua. Piikatun pinnan tulee jäädä rosoiseksi ja karkeaksi. Tartuntapintaan ei saa jäädä mitään epäpuhtauksia tai irtainta ainesta. Jos rakenteessa ei ole raudoitusta ja paikattava alue on yli 1 m² laajuinen tai jos rakenteen ympärille valetaan betonikerros, paikattavaa kohtaa vahvennetaan raudoitusverkolla. Verkko kiinnitetään paikoilleen lyönti- tai kiila-ankkureiden avulla. Kun paikattava kohta on piikattu auki ja puhdistettu kootaan kohteeseen sopiva betonimuotti. Betonimuottiin jätetään yleensä yläreunaan aukko, josta valu suoritetaan käyttäen valunokkaa (kuva 13). Valettavat betonipinnat ja muotit kastellaan hyvin vuorokausi ennen betonointia ja suojataan ympäristön vaikutuksilta. Betonoinnin alkaessa betonipintojen pitää olla kosteita, muttei liian märkiä. Betoni lasketaan muottiin valunokan avulla ja tiivistystä jatketaan niin kauan, että pinta on tasoittunut ja ilmakuplien nousu pintaan lakkaa. Lopuksi tehdään kevyt muottitärytys ja jälkitiivistys. Jälkihoito suoritetaan mieluummin vedellä kastellen. Jos muotit kuitenkin täytyy purkaa mahdollisimman pian, voidaan käyttää jälkihoitoaineita. Muotit puretaan yleensä viikon kuluttua valusta, mutta ne voidaan purkaa aikaisemmin, jos käytetty betoni sen sallii. Muottien purkaminen aiheuttaa pinnoille lämpöshokin, joka aiheuttaa mikrohalkeilua. Jos pintaan muodostuu halkeamia, on ne välittömästi injektoitava. (Liikennevirasto 2005, 6-7.)



KUVA 13. Esimerkki käytettävästä valunokasta. (Liikennevirasto 2005, 6.)

6.3 Halkeamien injektointi

Halkeamien injektoinnin syitä ovat yleensä vedeneristäminen ja rakenteellinen korjaus, mutta injektointia voidaan käyttää korjaamaan myös esteettisiä haittoja. Suurimmassa osassa tapauksia halkeamien syyt ovat yhdistelmä rakenteelle kuormista, kutistumasta, laajenemisesta ja maan liikehdinnästä aiheutuvista rasituksista (kuva 14). (Köster.)



KUVA 14. Halkeamien syntymisen syyt. (Köster.)

Ennen korjaustyöhön ryhtymistä on hyvä tarkistaa, onko halkeama vielä liikkuva. Liikkuva halkeama on halkeama, jossa yksi halkeaman sivu tai molemmat vaihtavat sijaintiaan. Halkeaman liikkuvuuden voi tarkistaa yksikertaisella toimenpiteellä. Luunmuotoinen (n. 10cm) kerros kipsiä asetetaan halkeaman pintaan. Kipsikerrosta seurataan, ja jos merkki säilyy ehjänä, niin halkeama ei liiku. Jos kipsimerkki on halkeaman alustan kohdalta haljennut, niin on halkeamakin liikkunut. Liikkuva halkeama voidaan tiivistää joko elastisesti tai kiinteästi. Suljettaessa halkeama kiinteästi, syntyy uusia halkeamia todennäköisesti lähelle korjattua halkeamia, jos rakenteiden liikehdintää aiheuttavaa tekijää ei poisteta. Käytettäviä injektointiaineita ovat vaahdon muodostavat injektointihartsit, kiinteän muodon injektointihartsit, näiden kahden yhdestelmähartsi sekä mikrosementit. Ennen injektointiin ryhtymistä onkin hyvä tarkastella asiaa materiaalitoimittajan kanssa, mikä on kohteeseen sopiva injektointiaine. (Köster.)

Injektoinnissa halkeama avataan piikkaamalla V-muotoon 1 – 2 cm syvyydelle ja poistetaan irtonaiset osat sekä pöly harjalla. Tämän jälkeen porataan reikiä halkeaman molemmille puolin n. 10 – 15 cm etäisyydelle toisistaan. Reiät porataan halkeamaa kohti n. 45 asteen kulmassa. Porauksen jälkeen reiät tulee puhdistaa paineilmalla tai vedellä. Tämän jälkeen halkeama esikastellaan ja suljetaan halkeama sen kulkusuunnassa (esim. KÖSTER KB-Fix 5 materiaalilla), että saadaan ehkäistyä injektoinnin aineen ulos valuminen halkeamasta injektoinnin aikana. Sitten asennetaan mansetit porausreikiin, jättäen noin

joka kolmas porausreikä avonaiseksi. Mansetit kiristetään ja tämän jälkeen voidaan sekoittaa injektointiaineet ja injektointipumppu valmiiksi käyttöä varten valmistajan antamien ohjeita noudattaen. Kun pumpun suukappale yhdistetään mansettiin ja injektointipumpun venttiili avataan, alkaa injektointimateriaali pumppautua halkeamaan. Injektointi tulee suorittaa alhaalta ylöspäin, mikäli mahdollista. Injektointia jatketaan läpi jokaisen mansetin, niin kauan kunnes injektointiaine alkaa tulla läpi avoimesta porausreiästä. (Köster.)

7 Itselleluovutus

YSE velvoittaa urakoitsijan tekemään itselleluovutuksen kirjallisesti, vaatimuksella sivutaan YSE 98:n pykälää 11.1 § ja 73.3 §, joissa velvoitetaan, että urakoitsija itse tarkastaa työnsä laadun sekä korjaa virheet ja puutteet ennen luovutusta tilaajalle. Työn laadun tarkastaminen kirjallisesti tarkoittaa sitä, että tarkastuksista on oltava pöytäkirjat. Tämä pöytäkirja toimii samalla osana urakoitsijan laadunvarmistusta. (Rakennusurakan yleiset sopimusehdot 1998.)

Itselleluovutus suoritetaan ennen kohteen loppukatselmusta. Tyypillisesti itselleluovutuksen tekee kyseisestä asiasta vastaava työnjohto. Itselleluovutukseen voi mahdollisuuksien mukaan osallistua myös rakennuttajan edustajia. Lähtökohtana tarkastajalle on, että hän suorittaa tarkastuksen asiakkaan silmin. Tarkastajan täytyy pystyä miettimään hyväksyisikö hän tehtyä työtä omaan käyttöönsä. Mahdolliset havaitut virheet korjataan niin, ettei niistä aiheudu haittaa muille työvaiheille (Ratu 1215-S, 2006.)

Itselleluovutusprosessi alkaa tehdyn työn laadun tarkastamisella. Tarkastuksessa havaitut puutteet ja virheet kirjataan ylös tarkastusasiakirjoihin. Virheet ja puutteet korjataan korjaustyötä samalla valvomalla. Korjaustoimenpiteiden jälkeen suoritetaan vielä itselleluovutuksen jälkitarkastus. (Kankainen & Junnonen 2014, 29.)

Itselleluovutus ei ole vain hankkeen loppuvaiheessa suoritettava prosessi, vaan sitä tulisi tehdä koko rakentamisen ajan. Kun itselleluovutusta tehdään koko hankkeen ajan, havaitaan virheet hyvissä ajoin ja välttyään kalliilta korjaustöiltä. Tarkastuksia helpottamiseksi on olemassa yleisiä ja yrityskeitaisia tarkastuslistoja. (Kankainen ja Junnonen 2014, 29.) Tärkeä osa urakoitsijan itselleluovutusta on tarkistella kaikki näkyvät pinnat, koska tilaajan ja käyttäjien ensireaktio rakennuksesta muodostuu hyvin pitkälti niistä. Siksi niiden valmistuksen lisäksi, myös tarkistamiseen kannattaa käyttää aikaa. Opinnäytetyössä oli tarkoitus tutkia ja kehittää olemassa olevia itselleluovutuskortteja. Itselleluovutus ei ole enää uusi käsite rakentamisessa, mutta silti itselleluovutukselle ei ole olemassa yhtenäistä tai virallista toimintamallia, vaan jokaisella urakoitsijalla on omanlainen tapansa suorittaa itselleluovutus.

7.1 Nykyhetki ja ongelmat

Sisältö salattu.

7.2 Kehitysideoita

Sisältö salattu.

8 Lopputulokset

Sisältö salattu.

LÄHTEET

Anttila, V. Betonin valinta. Rakennustieto Oy. Luettu 28.3.2018.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090403.pdf>

Anttila, V. & Vuorinen, P. Itsetiivistyvä betoni. Rakennustieto Oy. Luettu 25.3.2018

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050402.pdf>

Betoni. Muottia vasten valetut pinnat. Luettu 12.1.2018.

<https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/betonipinnat/muottia-vas-ten-valetut-pinnat/>

Betonirakenteiden muottityöt. Betoniteollisuus ry. Luettu 12.2.2018. www.valmisbetoni.fi/Download/21898/Muottityöt.pdf

Betonityönjohtajat, vastaavat työnjohtajat. 2018. Haastattelut. YIT Infra Oy.

BY40 2003. Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Finnsementti. Betonin notkeus. Luettu 5.4.2018.

<http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rauta-kauppiaalle/betonin-notkeus>

Junnonen, J-M. Rakennushankkeen laadunvarmistus. Rakennustieto Oy. Luettu 23.3.2018.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf>

Kankainen, J. & Junnonen, J-M. 2014. Urakoitsijan työmaakansio 2. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Kiinnike-Kolmio. http://www.kiinnikekolmio.fi/verkkokauppa/product_details.php?p=3359

Komonen, J. Betonirakenteiden kutistuminen ja halkeamien ehkäisy. Rakennustieto Oy.

Luettu 9.3.2018. [https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK100402\\$46\\$pdf/RK100402.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A47RK100402$46$pdf/RK100402.pdf)

Korpela, J. & Palolahti, T. Puhdasvaluohje. Betoniteollisuus ry. Luettu 5.2.2018.

www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas_betoni_netti.pdf

Köster. Halkeamien korjaus sekä injektointimenetelmät. Luettu 15.3.2018.

<http://www.koster.fi/files/fi-fi/K%C3%96STER%20Injektointiesite.pdf>

Liikennevirasto. 2010. Siltojen korjaus – betonin paikkaus. Luettu 1.4.2018.

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio1/s1231_12-10.pdf

Liikennevirasto. 2005. Siltojen korjaus – paikkaus muottien avulla. Luettu 2.4.2018.

<https://julkaisut.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio2/s2232.pdf>

Mannonen, P. & Petrow, S. 2011. Puhdasvalupintojen toteuttaminen. Betoniteollisuus ry. Luettu 12.3.2018.

https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1101_24-31.pdf

Muottikolmio. 2014. Betonin jälkihoitoaine levitetään kätevästi lehtipuhaltimella. Luettu 28.3.2018. <https://www.muottikolmio.fi/betonin-jalkihoitoaine-levitetaan-katevasti-lehtipuhaltimella/>

Mölsä, S. 2016. Rakenteilla olevan sairaalarakennuksen betonirakenteissa laaja ja vakava lujuusongelma. Rakennuslehti. <https://www.rakennuslehti.fi/2016/11/tyksin-rakenteilla-olevan-t3-rakennuksen-betonirakenteissa-laaja-ja-vakava-lujuusongelma/>

Pahkala, M. & Vuorinen, P. Paikallavaletut betonipinnat. Rakennustieto Oy. Luettu 21.1.2018.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030401.pdf>

Rakennustietosäätiö. 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset: RunkoRYL 2010: talonrakennuksen runkotyöt. Helsinki: Rakennustieto.

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1995. Rakennustieto Oy.

Rakentajat.fi. Betonin valinta. Luettu 1.4.2018. https://www.rakentaja.fi/artikkelit/9026/betonin_valinta.htm

Ratu 0408. 2012. Betonipintojen etuoikaisu ja ruiskubetonointi. Rakennustieto Oy.

Ratu 1215-S. 2006. Työmaan laadun varmistus, tarkastukset ja mittaukset. Työmaateknikka – Olosuhteet, materiaalit, alusta, mittatarkkuus, toimivuus. Rakennustieto Oy.

Rudus Oy. Itsetiivistyvä betoni, ITB. Luettu 12.3.2018. www.rudus.fi/Download/23825/Itsetiivistyvä%20betoni%20ITB.pdf

Saarinen, E. Betonirakenteiden suunnittelu. Rakennustieto Oy. Luettu 21.3.2018. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010302.pdf>

Suunnitteluperusteet. Valmisbetoni Oy. Luettu 12.3.2018. <http://www.valmisbetoni.fi/suunnittelu>

Turunen, E. 2013. Betonisten julkisivuelementtien laatu. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Valmisbetoni. Betonin valinta. Luettu 30.3.2018. <http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/betoniteknologia/betonin-valinta>

YIT. 2015. Kehärata – enemmän kuin rautatie. Luettu 30.3.2018. <http://news.cision.com/fi/yit-oyj/r/keharata---enemman-kuin-rautatie,c9889768>

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset.

1. Mikä on työtehtäväsi tällä hetkellä?
 2. Kauanko olet toiminut betonin parissa?
 3. Mikä on ollut vaativin valu missä olet ollut mukana?
 4. Oletko ollut projekteissa, joissa on valmistettu korkealuokkaisia betonipintoja? Mihin asioihin silloin kiinnitetään enemmän huomiota ja tehdään eri tavalla kuin 'normaaleissa' valuissa?
 5. Mitä keinoja on, millä saadaan hyvä betonipinta ja ehkäistään jälkityöt?
 6. Mihin asioihin kiinnität huomiota betonipinnoissa muotin purun jälkeen?
 7. Mitkä ovat tyypillisimmät korjattavat asiat betonipinnoissa?
 8. Esimerkkejä, jos työmaalla ensimmäisissä valuissa on tullut paljon virheitä betonipintaan, niin mitkä ovat olleet toimenpiteet joilla on vältetty virheet seuraavissa valuissa?
 9. Onko vastaan tullut erikoisempia poikkeamia tai virheitä betonipinnoissa?
 10. Mitkä ovat tyypillisimmät jälkityöt työmaallasi ja kuka ne yleensä hoitaa?
 11. Kuinka paljon tilaaja ja valvoja ovat kiinnittäneet huomiota betonipintojen laatuun?
 12. Miten työmaallasi betonipinnat on tarkistettu ja itselleluovutettu? Onko käytössä ollut ikinä jonkin tapaista pöytäkirjaa/korttia?
 13. Ideoita kuinka tarkistusprosessia voitaisiin parantaa?
 14. Minkä mallinen olisi mielestäsi hyvä itselleluovutuskortti? Taulukko, Pohjakartta jne.
 15. Kuinka hyväksytyt ja korjattavat kohdat tulisi merkitä (työmaalla ja korttiin)?
 16. Mitä asioita kortissa tulisi ottaa huomioon?
-

